

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 478 956 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**(21) Anmeldenummer: **91114504.3**(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01H 1/00, H01H 61/013**(22) Anmeldetag: **29.08.91**(30) Priorität: **04.10.90 DE 4031248**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.04.92 Patentblatt 92/15**(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH FR GB LI NL**(71) Anmelder: **KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE GMBH  
Weberstrasse 5 Postfach 3640  
W-7500 Karlsruhe 1(DE)**(72) Erfinder: **Bley, Peter, Dr.  
Mainstrasse 10B  
W-7514 Egg-Leopoldshafen(DE)  
Erfinder: Mohr, Jürgen, Dr.  
Husenstrasse 11  
W-7519 Sulzfeld(DE)**(54) **Mikromechanisches Element.**

(57) Die Erfindung betrifft ein mikrochemisches Element, bestehend aus einem Substrat, einem am Substrat haftenden, gegenüber diesem durch Temperaturänderung teilweise beweglichen Mikrostrukturkörper, der seinerseits aus einem elektrisch nicht leitenden und aus einem elektrisch leitenden Material aufgebaut ist, wobei zumindest ein Teil des elektrisch leitenden Materials einen Heizwiderstand bildet.

Aufgabe der Erfindung ist, ein solches Element dieser Art anzugeben, bei dem die Bewegung des Mikrostrukturkörpers parallel zum Substrat erfolgt. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Heizwiderstand im beweglichen Teil des Mikrostrukturkörpers in senkrechter Richtung auf das Substrat gesehen asymmetrisch versetzt angeordnet und vollständig im Mikrostrukturkörper versenkt ist, wobei seine Dicke in der angegebenen Richtung der Dicke des Mikrostrukturkörpers entspricht.

**EP 0 478 956 A2**

Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches Element entsprechend dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Ein solches Element ist aus der DE 38 09 597 A1 bekannt. Es besteht aus einem Substrat, an dem eine Zunge teilweise haftet, und einer Ätzgrube im Substrat, in die sich die Zunge bei Temperaturveränderung bewegt. Das Heizelement, das diese Bewegung auslöst, sitzt -von oben gesehen- symmetrisch angeordnet als Plättchen auf der Zunge.

Nachteilig ist hierbei, daß der Heizwiderstand auf der teilweise beweglichen Zunge angebracht ist und daß bei der Bewegung die Verbindungsfläche zwischen Heizwiderstand und Zunge mechanisch stark beansprucht wird, so daß die Gefahr besteht, daß sich der Heizwiderstand ablöst. Ferner läßt das bekannte Element nur Bewegungen senkrecht zum Substrat zu. Meist ist jedoch eine Bewegung parallel zum Substrat günstiger, weil sich damit z.B. Zahnstangen oder Zahnräder und dergleichen anbringen lassen.

Aus der DE-37 16 996 A1 ist ein Verformungselement bekannt, welches aus zwei miteinander verbundenen Materialstreifen mit unterschiedlichen Dehnungskoeffizienten gebildet ist und eine elektrische Heizung zum Erwärmen und damit Verformen des Verformungselements aufweist, bei dem die elektrische Heizung ein fest mit dem Verformungselement verbundenes Folienheizelement ist. Das Folienheizelement besteht aus einer Kunststoff-Folie, die einseitig dünn metallisiert und als Schutz oder Isolierung wieder mit einer Kunststoff-Folie überzogen ist. Die Metallschicht des Folienheizelements kann strukturiert sein.

Auch bei diesem Verformungselement werden die Verbindungsflächen zwischen Folienheizelement und Materialstreifen mechanisch stark beansprucht.

Aufgabe der Erfindung ist, die aufgezeigten Nachteile bei dem mikromechanischen Element der eingangs genannten Art zu beseitigen. Insbesondere soll ein mikromechanisches Element der eingangs genannten Art vorgeschlagen werden, bei dem die Verbindungsfläche zwischen dem elektrisch-leitenden und dem nichtleitenden Material weniger stark mechanisch beansprucht wird.

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst. Die weiteren Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

Der Mikrostrukturkörper kann beispielsweise durch Kunststoffabformung (Spritzguß, Reaktionsguß oder Prägetechnik) und Mikrogalvanik hergestellt werden. Dazu können Abformwerkzeuge in bekannter Weise mit Hilfe der Röntgenlithographie und Mikrogalvanik hergestellt werden.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemä-

ßen mikromechanischen Elements liegt -neben der Tatsache, daß die Auslenkung parallel zum Substrat erfolgt- darin, daß der Heizwiderstand 4 eine wesentlich festere Verbindung mit dem Kunststoffmaterial der Zunge eingeht. Diese Verbindung wird noch verstärkt, wenn der Heizwiderstand zumindest teilweise mäanderförmig gestaltet ist. Alternativ kann er bei Bedarf in einem Verfahrensschritt zusätzlich mit Verzahnungselementen versehen werden.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß mit dem erfindungsgemäßen mikromechanischen Element Steuerelemente z. B. für Gas- oder Flüssigkeitsströme, Zahnräder oder Zahnstangen und dgl. angetrieben werden können, die sich auf dem gleichen Substrat mit demselben Bestrahlungs-, Entwicklungs-, Ätz- und Galvanikschritt herstellen lassen.

Dadurch entfallen zusätzliche Justierschritte.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine Aufsicht des mikromechanischen Elements.

Figur 2 zeigt eine Weiterbildung, wobei der Mikrostrukturkörper teilweise von einem Metallmantel umgeben ist.

Figuren 3, 4 und 5 zeigen verschiedene Schritte eines Herstellungsverfahrens für die erfindungsgemäßen Elemente.

In Figur 1 ist ein mikromechanisches Element dargestellt, bei dem sich auf einem elektrisch nicht leitenden Substrat 1, etwa einem Silizium-Wafer, einem Glas- oder Keramiksubstrat, ein Mikrostrukturkörper aus Kunststoff und Metall befindet. Der Mikrostrukturkörper besteht aus einem Grundkörper 2, der fest auf dem Substrat haftet und aus einer Zunge 3, die einen Abstand von wenigen Mikrometern zum Substrat besitzt. Auf einer Seite der Zunge 3 ist asymmetrisch ein Heizwiderstand 4 eingelassen, der eine U-Form aufweist, wobei ein Schenkel der U-Form mäanderförmig gestaltet ist. Die Maße des Heizwiderstands sind so gewählt, daß einerseits in diesem Bereich der Zunge 3 der Metallanteil sehr hoch, beispielsweise über 50 % ist, andererseits sein elektrischer Widerstand in einem für den vorgesehenen Verwendungszweck geeigneten Bereich liegt. Vorteilhaft sind hohe Widerstände, da damit die Zunge rasch und mit kleinen Stromstärken erwärmt werden kann. Der Heizwiderstand ist mit größeren Metallstrukturen 5 (Bond Pads) verbunden, die Kontakte darstellen, an welche von außen eine Stromquelle angeschlossen wird.

Beim Anlegen einer elektrischen Spannung an die beiden Kontakte 5 fließt ein Strom durch den Heizwiderstand der Zunge und erwärmt sie. Da die Zunge aus Kunststoff und einem Kunststoff-Metall-Verbund besteht, deren Wärmeausdehnungskoeffi-

zienten sich unterscheiden, kommt es zu inneren Spannungen. Infolge der asymmetrischen Anordnung des Heizwiderstandes bewegt sich die Zunge bei Temperaturveränderungen parallel zum Substrat.

Die Höhe der Zunge senkrecht zum Substrat gemessen liegt typischerweise im Bereich von 300 µm, ihre Breite (Schnitt A-A) etwa zwischen 50 und 150 µm.

Figur 2 zeigt eine Weiterbildung dieses mikromechanischen Elements, bei dem die Zunge 3 vollständig mit einer Metallstruktur 12 umgeben ist. Damit die Verbindung zwischen Zunge 3 und dem Metallmantel 12 auch bei Spannungen erhalten bleibt, werden das Metall und der Kunststoff der Zunge ineinander verzahnt, z.B. durch Schwalbenschwanznuten 15.

Das mikromechanische Element nach Figur 1 kann durch ein Verfahren hergestellt werden, das in den Figuren 3, 4 und 5 dargestellt ist. Figur 5 zeigt das fertige Element.

Figur 3 zeigt eine Aufsicht und Figur 4 einen Schnitt (B-B in Figur 1) durch das mikromechanische Element während der Herstellung.

Auf einem dünnen nichtleitenden Substrat 1 wird zunächst eine Metallschicht 6 mit einer Dicke von vorzugsweise weniger als 1 µm durch Aufdampfen oder Aufputtern aufgebracht, die mit den bekannten Schritten der Mikroelektronik (Belacken, Belichten, Entwickeln, selektiv Ätzen) strukturiert wird. In einem weiteren Schritt wird mit denselben Methoden eine Abstandsschicht 7 mit einer Dicke von vorzugsweise weniger als 10 µm aufgebracht, die analog strukturiert wird (Figur 3). Dabei muß diese Abstandsschicht 7 selektiv abätzbar sein. Dies ist z.B. möglich, wenn man als Metallschicht 6 Silber, Chrom, Kupfer, Nickel oder Gold wählt und als Abstandsschicht 7 Titan. Der Teil 6a der Metallschicht 6 dient dem späteren Anschluß der Galvanikelektrode.

Alternativ kann als Abstandsschicht auch eine Kunststoffschicht verwendet werden, die metallisiert wird.

Auf dieses vorbereitete Substrat wird dann eine Resistschicht aufgebracht, die später sowohl den nichtleitenden Teil des Mikrostrukturkörpers 2, 3 als auch die Form für die galvanische Abscheidung des Heizwiderstandes 4 und der Metallstrukturen 5 bildet.

Hierzu wird gem. Figur 4 der Resist z.B. mit Röntgenstrahlung 8 über eine Röntgenmaske 9 bestrahlt.

Die bestrahlten Teilbereiche 10 und 11 des Resists werden mit einem geeigneten Entwickler entfernt, wobei die unbestrahlten Bereiche stehen bleiben.

In einem anschließend an den Galvanikprozeß werden die frei entwickelten Bereiche 10, die am Unter-

grund eine metallische Schicht 6 oder 7 aufweisen, mit Metall für den Heizwiderstand 4 und die Metallstrukturen 5 aufgefüllt. Hierzu wird eine Stromquelle an den Teil 6a der Metallschicht angeschlossen. Zur Verhinderung einer unerwünschten galvanischen Metallabscheidung im Bereich 6a kann dieser mit einem isolierenden Lack abgedeckt werden.

Nach der galvanischen Abscheidung des Metalls wird die Abstandsschicht 7 durch selektives Ätzen entfernt. Dabei muß selbstverständlich das Metall 4 beständig gegen das Ätzmittel sein, mit dem die Abstandsschicht entfernt wird. Nimmt man als Abstandsschicht z.B. Titan, so können für die Metallstruktur viele andere Materialien, z.B. Chrom, Silber, Kupfer, Nickel oder Gold gewählt werden.

In diesem Fall kann als Ätzmittel eine 5 %ige Flußsäurelösung verwendet werden.

Figur 5 zeigt das fertige mikromechanische Element nach Figur 1 im Schnitt A-A.

Der Mikrostrukturkörper 2, 3 kann auch auf einem metallischen Substrat aufgebaut werden. In diesem Fall entfällt die Metallschicht 6. Dafür muß aber gesorgt werden, daß die galvanische Metallabscheidung nur an den Stellen erfolgt, die den Heizwiderstand 4 und die Kontakte 5 bilden. Dies kann entweder durch eine strukturierte Isolationsschicht, z.B. einen Photolack, erfolgen, die vor dem Auftragen des Resists auf das metallische Substrat aufgebracht wird.

Alternativ können nach dem Bestrahlen und Entwickeln die nicht zu galvanisierenden Bereiche mit einem Schutzlack abgedeckt werden.

In diesem Fall müssen die Kontakte 5 in den frei tragenden, beweglichen Teil 3 des Mikrostrukturkörpers verlegt werden, um die notwendige Isolierung zu gewährleisten.

Das in Fig. 1 dargestellte Element kann mit einer einzigen Bestrahlung hergestellt werden, bei der sowohl die Resistbereiche 10, die als Form für das elektrisch leitende Material dienen, als auch die zu entfernenden Resistbereiche 11 bestrahlt werden.

Das mikromechanische Element nach Figur 2 wird durch zwei justierte Bestrahlungen hergestellt.

Im ersten Schritt werden alle Bereiche bestrahlt und entwickelt, welche mit Metall aufgefüllt werden sollen. Nach der Galvanik werden die nicht benötigten Resistbereiche bestrahlt und durch den Entwickler entfernt.

Da bei dem mikromechanischen Element nach Fig. 2 die Bereiche des Resists, die die Form für den Metallmantel 12 bilden, und die Bereiche 11, die ganz entfernt werden, nebeneinander liegen und so nicht mehr durch einen verbleibenden Resistbereich getrennt sind, muß dieses Element durch zwei Bestrahlungen hergestellt werden.

# **Patentansprüche**

1. Mikromechanisches Element, bestehend aus
  - a) einem Substrat
  - b) einem am Substrat haftenden, gegenüber diesem durch Temperaturänderung teilweise beweglichen Mikrostrukturkörper, der seinerseits
    - b1) aus einem elektrisch nicht leitenden und
    - b2) aus einem elektrisch leitenden Material aufgebaut ist, wobei
    - b3) zumindest ein Teil des elektrisch leitenden Materials einen Heizwiderstand bildet,
 dadurch gekennzeichnet, daß der Heizwiderstand im beweglichen Teil des Mikrostrukturkörpers in senkrechter Richtung auf das Substrat gesehen asymmetrisch versetzt angeordnet und vollständig im Mikrostrukturkörper versenkt ist, wobei seine Dicke in der angegebenen Richtung der Dicke des Mikrostrukturkörpers entspricht.
2. Mikromechanisches Element nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizwiderstand eine U-Form aufweist.
3. Mikromechanisches Element nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Schenkel des U-förmigen Heizwiderstands eine Mäanderform aufweist.
4. Mikromechanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrostrukturkörper zumindest teilweise von einem Metallmantel umgeben ist.
5. Mikromechanisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrisch leitende Material mit dem elektrisch nicht leitenden Material verzahnt ist.

Fig. 1

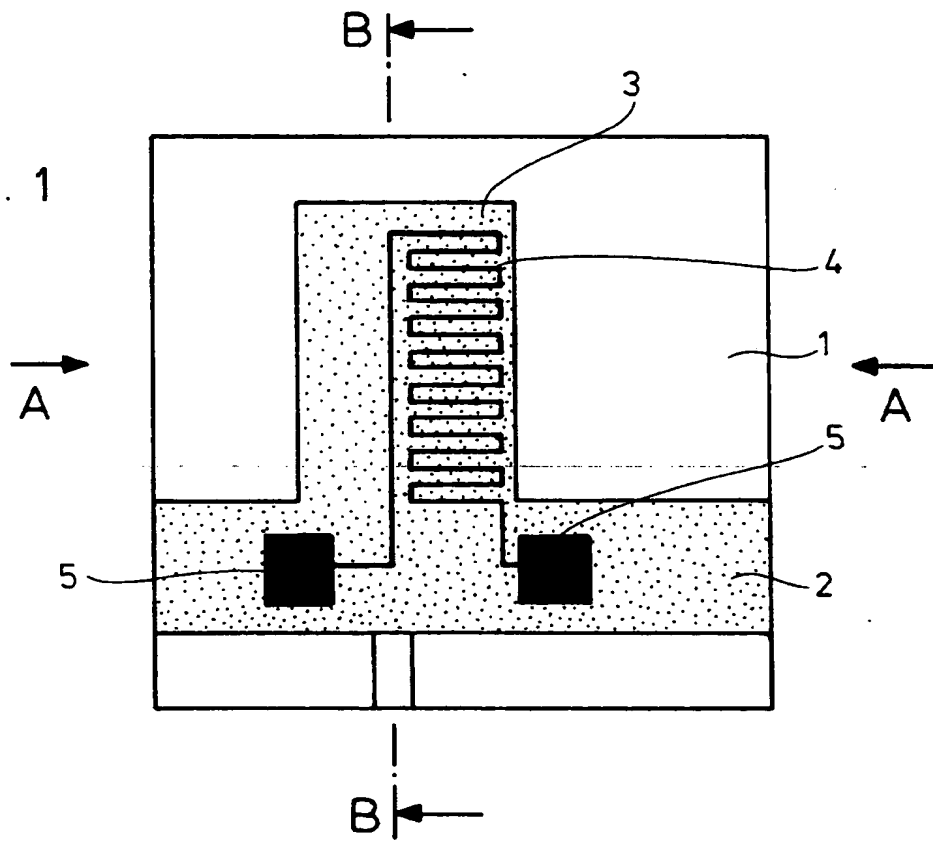


Fig. 2

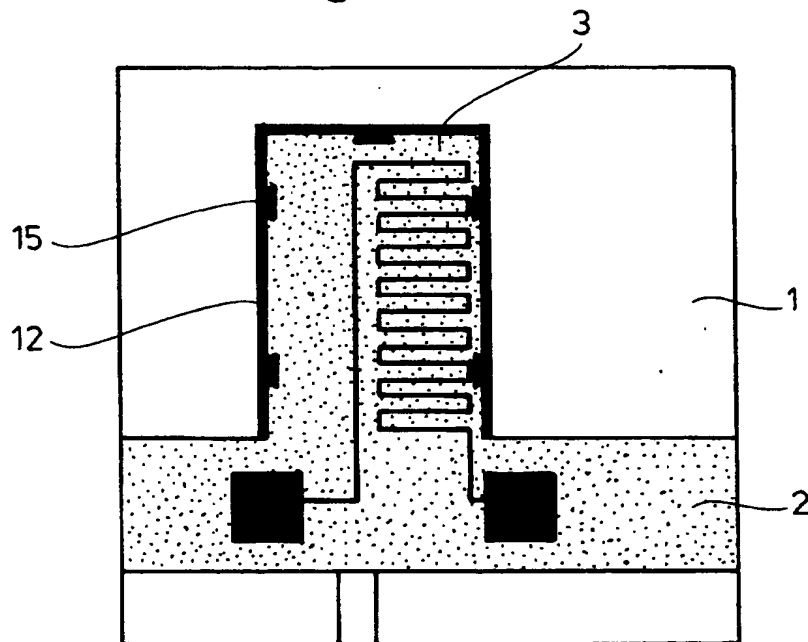


Fig. 3

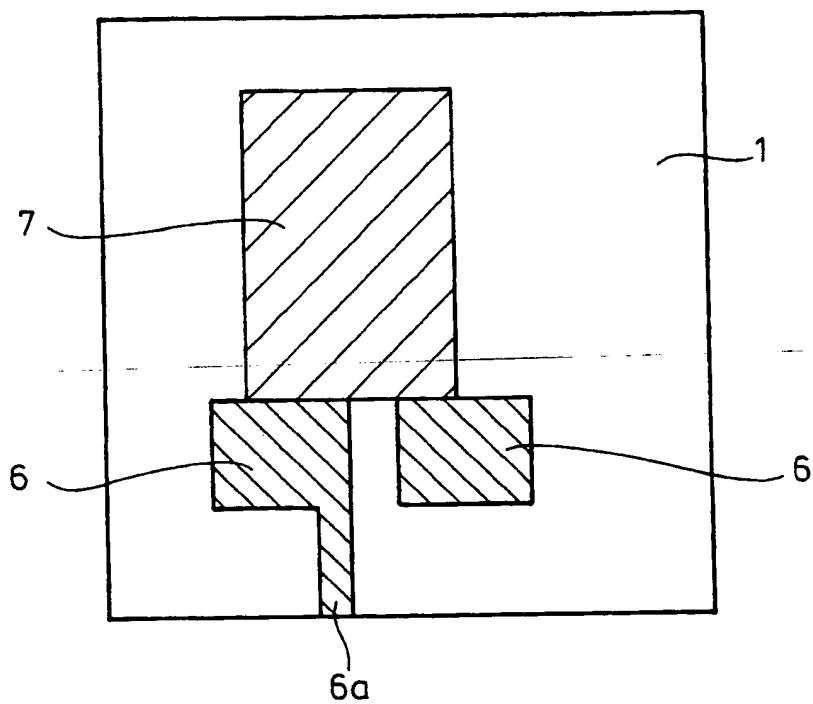


Fig. 4

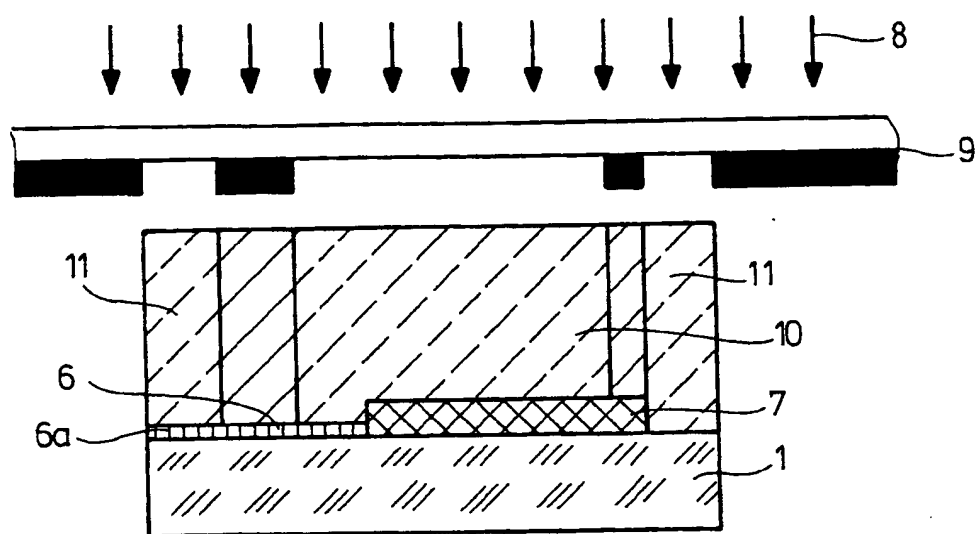
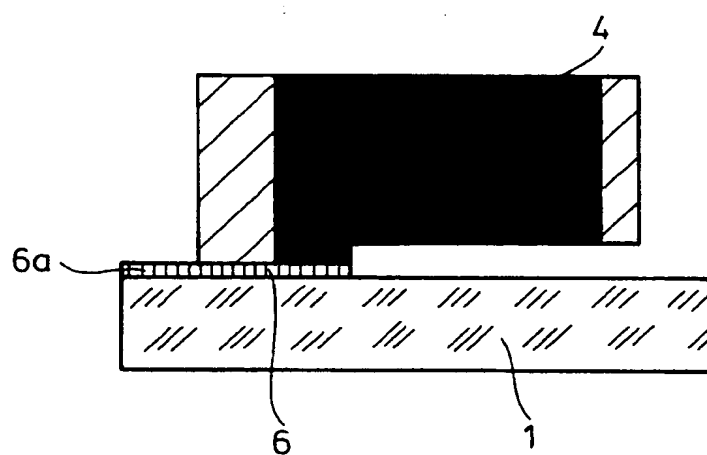


Fig. 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Fig. 1

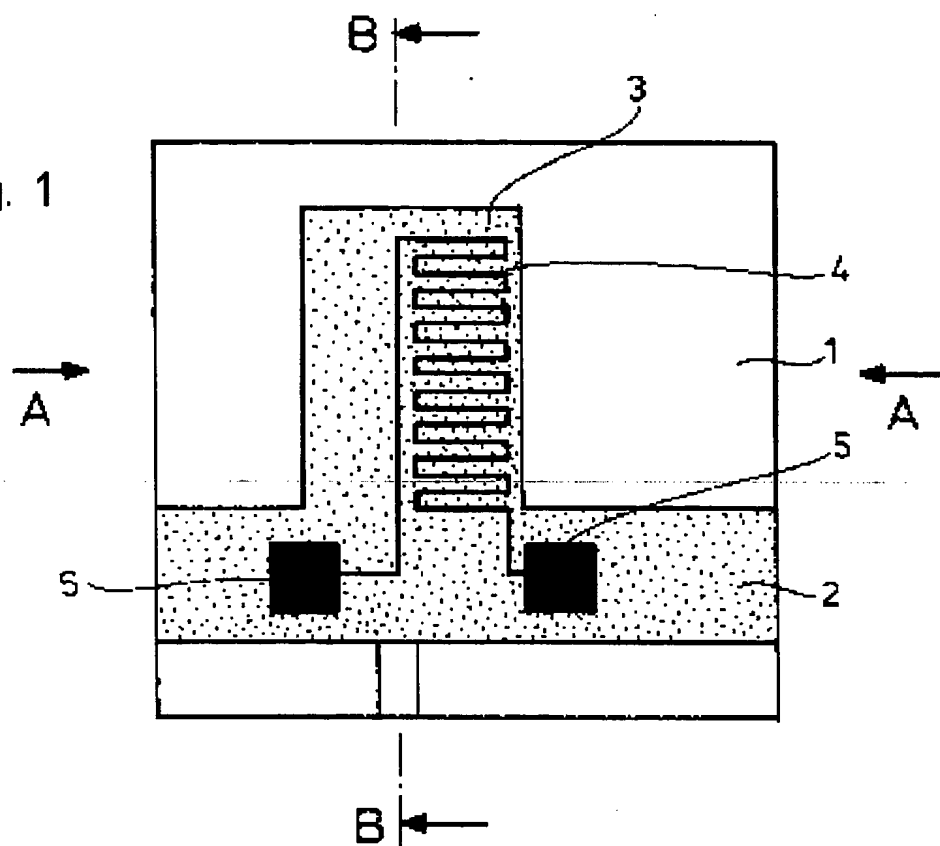


Fig. 2

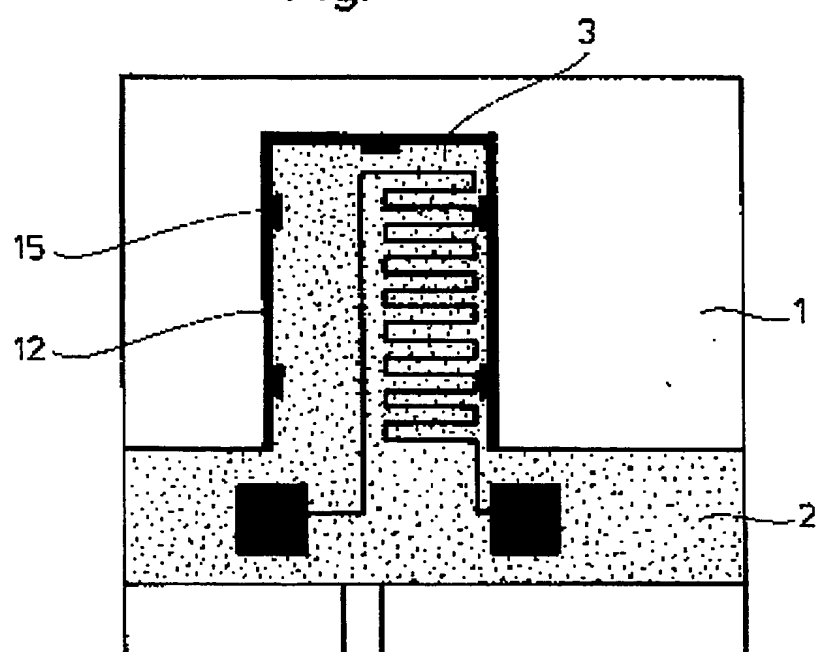


Fig. 3

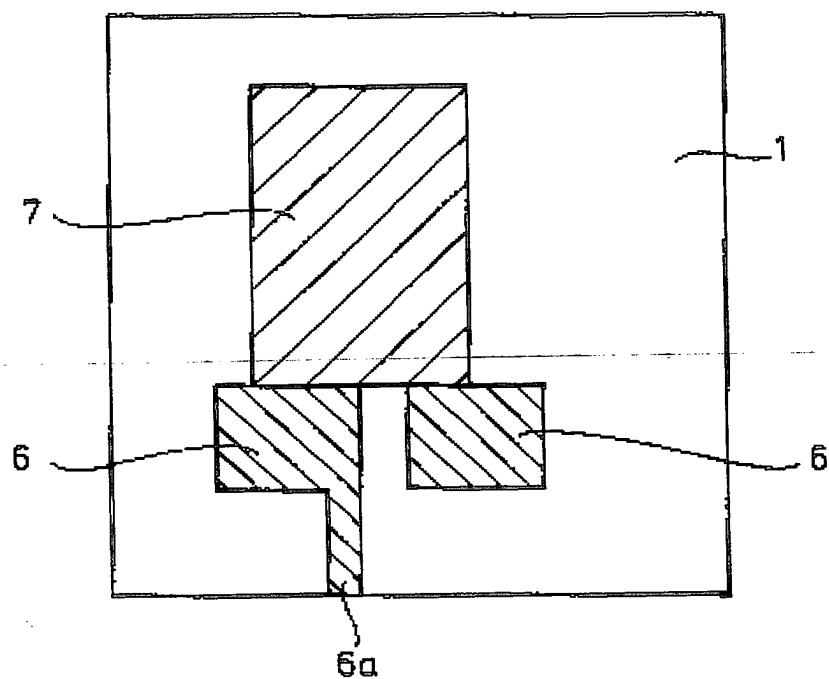


Fig. 4

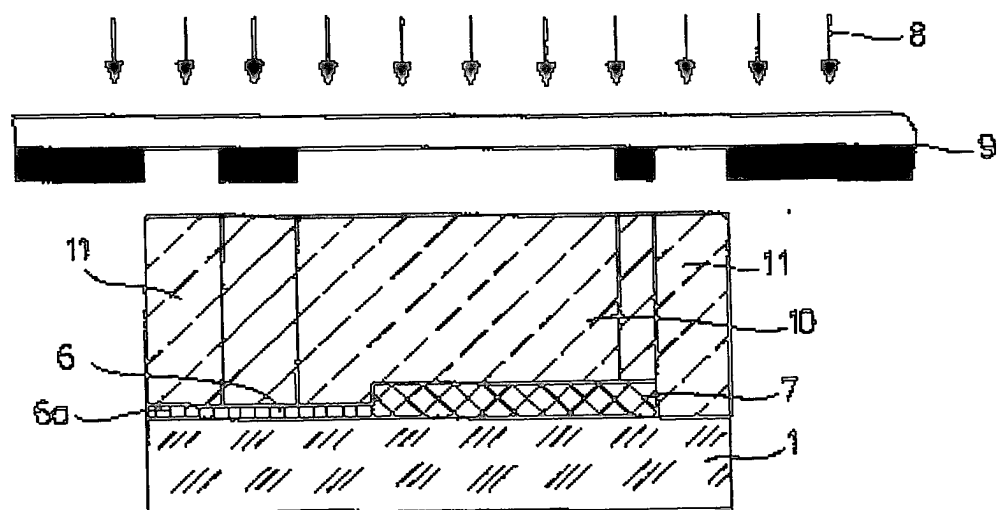
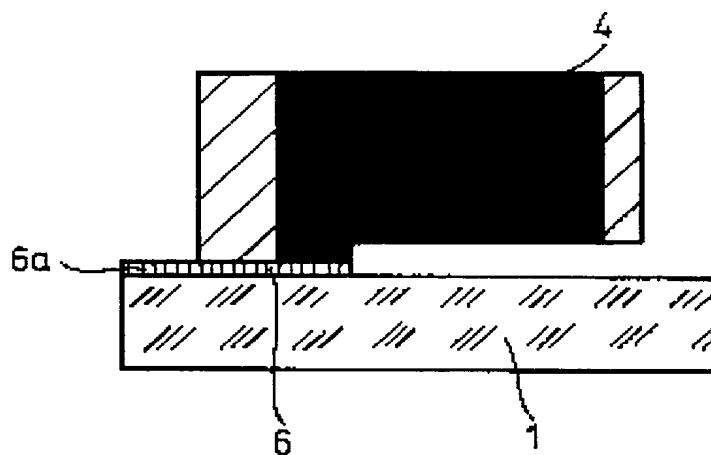


Fig. 5



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Eur päisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 478 956 A3**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91114504.3**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01H 1/00, H01H 61/013**

22 Anmeldetag: **29.08.91**

30 Priorität: **04.10.90 DE 4031248**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.04.92 Patentblatt 92/15**

64 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH FR GB LI NL**

68 Veröffentlichungstag des später veröffentlichten  
Recherchenberichts: **25.11.92 Patentblatt 92/48**

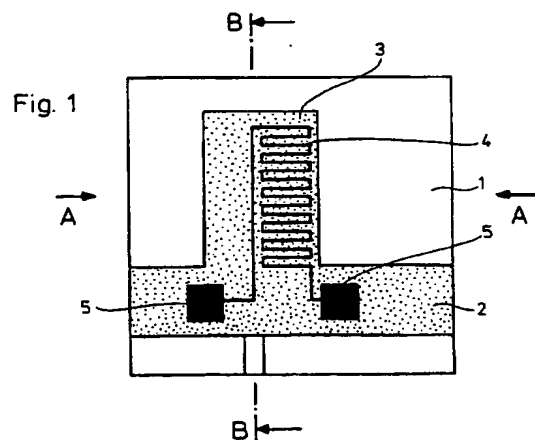
71 Anmelder: **KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE GMBH  
Weberstrasse 5 Postfach 3640  
W-7500 Karlsruhe 1(DE)**

72 Erfinder: **Bley, Peter, Dr.  
Mainstrasse 10B  
W-7514 Egg.-Leopoldshafen(DE)  
Erfinder: Mohr, Jürgen, Dr.  
Husenstrasse 11  
W-7519 Sulzfeld(DE)**

64 Mikromechanisches Element.

67 Die Erfindung betrifft ein mikrochemisches Element, bestehend aus einem Substrat, einem am Substrat haftenden, gegenüber diesem durch Temperaturänderung teilweise beweglichen Mikrostrukturkörper, der seinerseits aus einem elektrisch nicht leitenden und aus einem elektrisch leitenden Material aufgebaut ist, wobei zumindest ein Teil des elektrisch leitenden Materials einen Heizwiderstand bildet.

Aufgabe der Erfindung ist, ein solches Element dieser Art anzugeben, bei dem die Bewegung des Mikrostrukturkörpers parallel zum Substrat erfolgt. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Heizwiderstand im beweglichen Teil des Mikrostrukturkörpers in senkrechter Richtung auf das Substrat gesehen asymmetrisch versetzt angeordnet und vollständig im Mikrostrukturkörper versenkt ist, wobei seine Dicke in der angegebenen Richtung der Dicke des Mikrostrukturkörpers entspricht.



EP 0 478 956 A3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 11 4504

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL.5)
X	IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES Bd. 35, Nr. 6, Juni 1988, NEW YORK Seiten 758 - 763 W. RIETHMÜLLER, W. BENECKE 'Thermally Excited Silicon Microactuators' * Seite 758, rechte Spalte, Absatz 3 -Absatz 4 * * Seite 761, linke Spalte, Absatz 1 * * Seite 762, rechte Spalte, Absatz 1 *	1-5	H01H1/00 H01H61/013
A	DE-A-1 946 665 (POLYSET INC.) * Anspruch 1; Abbildung 2 *	1,3	
A,D	DE-A-3 716 996 (VDO ADOLF SCHINDLING AG) * das ganze Dokument *	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CL.5)
			H01H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenamt DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 29 SEPTEMBER 1992	Prüfer SIBILLA S.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 (11.87) (P.0403)